

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11195837 A**

(43) Date of publication of application: 21 . 07 . 99

(51) Int. Cl.

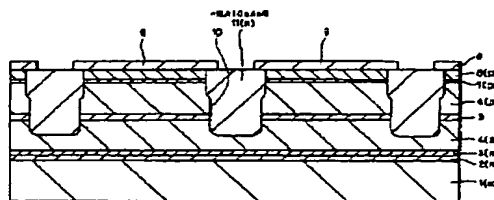
H01S 3/18(21) Application number: **10000921**(71) Applicant: **SONY CORP**

(22) Date of filing: 06 . 01 . 98

(72) Inventor: **YAMAMOTO SUNAO****(54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR LASER****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture a semiconductor laser having window structure and of real refractive index waveguide type, with simple process without lowering reliability of an element.

SOLUTION: An n-type AlGaInP clad layer 4, an active layer 5, a p-type AlGaInP clad layer 6, a p-type GaInP middle layer 7, and a p-type GaAs cap layer 8 are grown in order through a buffer layer 2 on an n-type GaAs substrate 1. With an insulating film 9 made in stripe form on the p-type GaAs cap layer 8 as a mask, it is etched to the middle depth in thickness direction of the p-type AlGaInP clad layer 6 to form a groove, and it is stopped with an n-type AlGaAs layer 11 selectively grown. Next, after formation of an electrode on (p) side and an electrode on (n) side, the n-type GaAs substrate 1, where laser structure is made, is cleaved to make it into a chip.



COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-195837

(43)公開日 平成11年(1999)7月21日

(51)Int.Cl.⁸
H01S 3/18

識別記号

F I
H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平10-921

(22)出願日 平成10年(1998)1月6日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 山本 直

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

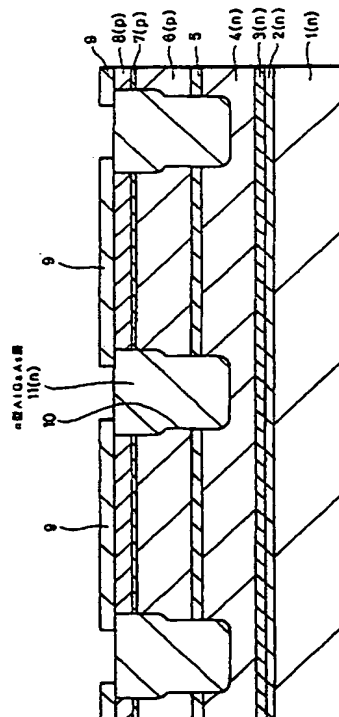
(74)代理人 弁理士 杉浦 正知

(54)【発明の名称】 半導体レーザの製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 素子の信頼性を低下させることなく、簡単なプロセスで、窓構造を有し、しかも実屈折率導波型の半導体レーザを製造する。

【解決手段】 n型GaAs基板1上にバッファ層2、3を介してn型AlGaInPクラッド層4、活性層5、p型AlGaInPクラッド層6、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層8を順次成長させる。p型GaAsキャップ層8上にストライプ形状に形成した絶縁膜9をマスクとしてp型AlGaInPクラッド層6の厚さ方向の途中の深さまでエッチングし、形成した溝の内部にn型AlGaAs層11を選択成長させて埋め込む。次に、p側電極およびn側電極を形成した後、レーザ構造が形成されたn型GaAs基板1を劈開してチップ化する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、第1導電型の第1のクラッド層、活性層および第2導電型の第2のクラッド層を含む、レーザ構造を形成する半導体層を成長させる工程と、

ストライプ部となる領域の周囲における上記半導体層をエッチングすることにより溝を形成し、この際、上記溝のうちの共振器長方向に延びる部分の深さは上記活性層に達しない深さとなり、上記溝のうちの共振器長方向と直交する方向に延びる部分の深さは上記活性層を超える深さとなるようにする工程と、

上記溝の内部に上記活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層を成長させて埋め込む工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項2】 上記溝のうちの共振器長方向に延びる部分の深さは上記第2のクラッド層の厚さ方向の途中の深さとなり、上記溝のうちの共振器長方向と直交する方向に延びる部分の深さは上記第1のクラッド層の厚さ方向の途中の深さとなるようにすることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項3】 上記半導体レーザはAlGaInP系半導体レーザであることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項4】 上記活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層はAlGaAs層、AlGaInP層、ZnSe層またはGaN層であることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 基板上に、第1導電型の第1のクラッド層、活性層および第2導電型の第2のクラッド層を含む、レーザ構造を形成する半導体層を成長させる工程と、

上記半導体層上に、共振器長方向と直交する方向に延び、かつ、共振器長に対応した幅を有するストライプ形状の第1の絶縁膜を形成する工程と、

上記第1の絶縁膜をマスクとして上記半導体層を上記活性層に達しない深さまでエッチングする工程と、

上記第1の絶縁膜をパターニングすることにより、共振器長方向に延び、かつ、形成すべきストライプ部の幅に対応した幅を有するストライプ形状の第2の絶縁膜を形成する工程と、

上記第2の絶縁膜をマスクとして上記半導体層をエッチングすることにより溝を形成し、この際、上記溝のうちの共振器長方向に延びる部分の深さは上記活性層に達しない深さとなり、上記溝のうちの共振器長方向と直交する方向に延びる部分の深さは上記活性層を超える深さとなるようにする工程と、

上記第2の絶縁膜をマスクとして上記溝の内部に上記活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層を成長させて埋め込む工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項6】 上記溝のうちの共振器長方向に延びる部分の深さは上記第2のクラッド層の厚さ方向の途中の深さとなり、上記溝のうちの共振器長方向と直交する方向に延びる部分の深さは上記第1のクラッド層の厚さ方向の途中の深さとなるようにすることを特徴とする請求項5記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項7】 上記半導体レーザはAlGaInP系半導体レーザであることを特徴とする請求項5記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項8】 上記活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層はAlGaAs層、AlGaInP層、ZnSe層またはGaN層であることを特徴とする請求項7記載の半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、半導体レーザの製造方法に関し、特に、いわゆる窓構造を有する半導体レーザの製造に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 AlGaInP系半導体レーザは、AlGaAs系半導体レーザに比べて発光波長が短いため、従来より様々な分野に応用されてきた。このAlGaInP系半導体レーザは、近年では、高密度記録が可能なデジタルビデオディスク（DVD）の記録／再生用の光ディスク装置（DVD装置）のレーザ光源として注目されている。

【0003】 現在、DVD装置用のAlGaInP系半導体レーザは、再生（読み出し）用として出力5mWクラスのものが主であるが、今後は、記録（書き込み）用として30～50mWクラスの高出力のものが求められている。

【0004】 しかしながら、従来のAlGaInP系半導体レーザ、特に、波長630～650nm帯のものは、出力を増大させると、端面破壊が進むため、思うように高出力化を図ることができない。そこで、レーザ共振器の端面をいわゆる窓構造として端面劣化を防ぐことが重要となる。

【0005】 従来、この窓構造の形成に最もよく用いられている方法として、劈開によって端面を形成する前に基板（ウェーハ）上面より、後に劈開によって端面を形成する領域にZnを拡散させて、その領域内における量子井戸構造を破壊するか、あるいは、活性層における自然超格子を破壊することで、端面におけるバンドギャップを局所的に増加させ、端面近傍での光学的損失を低下させる方法がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述のような従来の窓構造の形成方法は、Zn拡散の制御が難しいことから、Znがレーザ共振器の端面から100μm前後にわたって拡散してしまうため、素子の信頼性を

低下させることがあった。また、窓構造を形成するために、通常のAlGaInP系半導体レーザの製造プロセスに加えてZn拡散のプロセスが必要であることから、製造プロセスが煩雑であった。さらに、従来のAlGaInP系半導体レーザは、p型AlGaInPクラッド層の上部をストライプ形状にパターンニングし、その両側の部分にn型GaAs電流狭窄層を埋め込んだ電流狭窄構造を有し、いわゆる損失導波型であるため、駆動電流が大きく、端面以外の部分でも劣化が生じやすかった。

【0007】したがって、この発明の目的は、素子の信頼性を低下させることなく、簡単なプロセスで、窓構造を有し、しかも実屈折率導波型の半導体レーザを製造することができる半導体レーザの製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、この発明の第1の発明による半導体レーザの製造方法は、基板上に、第1導電型の第1のクラッド層、活性層および第2導電型の第2のクラッド層を含む、レーザ構造を形成する半導体層を成長させる工程と、ストライプ部となる領域の周囲における半導体層をエッチングすることにより溝を形成し、この際、溝のうちの共振器長方向に延びる部分の深さは活性層に達しない深さとなり、溝のうちの共振器長方向と直交する方向に延びる部分の深さは活性層を超える深さとなるようにする工程と、溝の内部に活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層を成長させて埋め込む工程とを有することを特徴とするものである。

【0009】この発明の第2の発明による半導体レーザの製造方法は、基板上に、第1導電型の第1のクラッド層、活性層および第2導電型の第2のクラッド層を含む、レーザ構造を形成する半導体層を成長させる工程と、半導体層上に、共振器長方向と直交する方向に延び、かつ、共振器長に対応した幅を有するストライプ形状の第1の絶縁膜を形成する工程と、第1の絶縁膜をマスクとして半導体層を活性層に達しない深さまでエッチングする工程と、第1の絶縁膜をパターンニングすることにより、共振器長方向に延び、かつ、形成すべきストライプ部の幅に対応した幅を有するストライプ形状の第2の絶縁膜を形成する工程と、第2の絶縁膜をマスクとして上記半導体層をエッチングすることにより溝を形成し、この際、溝のうちの共振器長方向に延びる部分の深さは活性層に達しない深さとなり、溝のうちの共振器長方向と直交する方向に延びる部分の深さは活性層を超える深さとなるようにする工程と、第2の絶縁膜をマスクとして溝の内部に活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層を成長させて埋め込む工程とを有することを特徴とするものである。

【0010】この発明において、典型的には、溝のうちの共振器長方向に延びる部分の深さは第2のクラッド層

の厚さ方向の途中の深さとなり、溝のうちの共振器長方向と直交する方向に延びる部分の深さは第1のクラッド層の厚さ方向の途中の深さとなるようにする。

【0011】この発明が適用される半導体レーザの具体例を挙げると、AlGaInP系半導体レーザである。この場合、活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層としては、例えばAlGaAs層、AlGaInP層、ZnSe層、GaN層などを用いることができる。選択成長のしやすさの点では、これらのうちAlGaAs層が優れている。

【0012】上述のように構成されたこの発明による半導体レーザの製造方法によれば、レーザ構造を形成する半導体層の成長と、活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層の成長との2回の結晶成長で窓構造を有する半導体レーザを製造することができることにより、製造プロセスが簡単である。また、窓構造の形成に拡散プロセスが不要であるため、素子の信頼性の低下の問題が生じない。さらに、活性層よりもバンドギャップが大きい半導体層を電流狭窄層に用いることができるため、実屈折率導波型の半導体レーザを製造することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0014】図1～図15はこの発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を示す。ここで、図1、図2、図4、図7、図9、図11および図14は共振器長方向の断面図、図5、図8、図10、図12および図15は共振器長方向に垂直な断面図、図3および図6は平面図、図13は斜視図である。

【0015】この第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法においては、まず、図1に示すように、n型GaAs基板1上に、例えば有機金属化学気相成長(MOCVD)法により、例えば600℃程度の成長温度で、n型GaAsバッファ層2、n型GaInPバッファ層3、n型AlGaInPクラッド層4、活性層5、p型AlGaInPクラッド層6、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層8を順次成長させる。ここで、活性層5は、単一量子井戸(SQW)構造、例えばGaInP層を井戸層とし、AlGaInP層を障壁層とする多重量子井戸(MQW)構造、歪みMQW構造のいずれであってもよい。また、n型GaAs基板1としては、例えば、(100)面方位を有するものや、(100)面から例えば5～15°オフした面を主面とするものが用いられる。ここで、各半導体層の厚さの例を挙げると、n型GaAsバッファ層2は0.3μm、n型GaInPバッファ層3は0.3μm、n型AlGaInPクラッド層4は1μm、p型AlGaInPクラッド層6は1μm、p型GaIn

P中間層7は0.1 μ m、p型GaAsキャップ層8は0.3 μ mである。

【0016】次に、図2に示すように、例えばCVD法により例えばSiO₂膜やSi₃N₄膜のような絶縁膜9を形成した後、この絶縁膜9上に、リソグラフィーにより、共振器長方向と直交する方向に延び、かつ、共振器長に対応した所定幅のストライプ形状のレジストパターン（図示せず）を共振器長と等しいピッチで形成し、このレジストパターンをマスクとして絶縁膜9を例えば反応性イオンエッチング（RIE）法のようなドライエッチング法またはウェットエッチング法によりエッチングする。この後、レジストパターンを除去する。このようにして、共振器長方向と直交する方向に延び、かつ、共振器長よりも2a小さい幅を有するストライプ形状の絶縁膜9がピッチLで形成される。このストライプ形状の絶縁膜9の平面形状を図3に示す。ここで、aは、この絶縁膜9をマスクとして行われる次のエッチング時のパターン変換差に応じて決められる。

【0017】次に、図4に示すように、上述のようにして形成されたストライプ形状の絶縁膜9をマスクとして例えばウェットエッチング法によりn型AlGaInPクラッド層6の厚さ方向の途中の深さまでエッチングする。

【0018】次に、ストライプ形状の絶縁膜9上に、リソグラフィーにより、共振器長方向に延び、かつ、最終的に形成すべきストライプ部の幅に対応した所定幅のレジストパターン（図示せず）を形成した後、このレジストパターンをマスクとして絶縁膜9を例えばRIE法のようなドライエッチング法またはウェットエッチング法によりエッチングする。この後、レジストパターンを除去する。このようにして、図5に示すように、共振器長方向に延び、かつ、最終的に形成すべきストライプ部の幅よりも2b大きい幅を有するストライプ形状の絶縁膜9が、最終的に得られるレーザチップの幅と等しいピッチで形成される。このストライプ形状の絶縁膜9の平面形状を図6に示す。ここで、bは、この絶縁膜9をマスクとして行われる次のエッチング時のパターン変換差に応じて決められる。

【0019】次に、図7および図8に示すように、上述のようにして形成されたストライプ形状の絶縁膜9をマスクとして例えばウェットエッチング法によりエッチングすることにより、絶縁膜9の周囲に溝10を形成する。このエッチングの際には、この溝10のうち、絶縁膜9の長手方向、すなわち共振器長方向に延びる部分の深さはn型AlGaInPクラッド層4に達する深さとなり（図7）、絶縁膜9の幅方向、すなわち共振器長方向と直交する方向に延びる部分の深さはp型AlGaInPクラッド層6の厚さ方向の途中の深さとなるようにする（図8）。

【0020】次に、図9および図10に示すように、絶

縁膜9をマスクとして、例えばMOCVD法により、溝10の内部に活性層5よりもバンドギャップが大きいn型AlGaAs層11を選択成長させて埋め込む。このn型AlGaAs層11は電流狭窄層および窓材料として用いられる。

【0021】次に、絶縁膜9をエッチング除去した後、図11および図12に示すように、p型GaAsキャップ層8およびn型AlGaAs層11の全面に例えば真空蒸着法により例えばTi膜、Pt膜およびAu膜を順次形成してp側電極12を形成するとともに、n型GaAs基板1の裏面に同様にして例えばAuGe膜およびNi膜を順次形成してn側電極13を形成する。

【0022】次に、上述のようにしてレーザ構造が形成されたn型GaAs基板1をバー状に劈開して両共振器端面を形成し、さらにこれらの共振器端面に端面コーティング（図示せず）を施した後、このバーを劈開してチップ化する。図13はこのようにして得られたレーザチップを示す。図14および図15はそれぞれこのレーザチップのXIV-XIV線およびXV-XV線に沿っての断面図である。この後、このようにして得られたレーザチップをパッケージングする。

【0023】このようにして製造されたAlGaInP系半導体レーザは、電流狭窄層となるn型AlGaAs層11は活性層5よりもバンドギャップが大きいことから、実屈折率導波型となる。

【0024】以上のように、この第1の実施形態によれば、レーザ構造を形成するための半導体層の成長とn型AlGaAs層11の成長との2回の結晶成長で窓構造を有する実屈折率導波型のAlGaInP系半導体レーザを製造することができるので、Zn拡散により窓構造を形成する従来のAlGaInP系半導体レーザの製造方法に比べて製造プロセスが簡単であるとともに、Zn拡散に伴う信頼性の低下の問題がない。また、実屈折率導波型のAlGaInP系半導体レーザを製造することができることから、従来の損失導波型のAlGaInP系半導体レーザに比べて駆動電流を少なくすることができ、したがって端面以外の部分での劣化を抑えることができる。

【0025】以上により、例えば30～50mWクラスの高出力でしかも高信頼性かつ長寿命のAlGaInP系半導体レーザを実現することができる。

【0026】図16はこの発明の第2の実施形態による半導体レーザの製造方法を示す。

【0027】図16に示すように、この第2の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法においては、n型AlGaInPクラッド層4の成長の途中でn型GaInPエッチングストップ層14を成長させるとともに、p型AlGaInPクラッド層6の成長の途中でp型GaInPエッチングストップ層15を成長させる。そして、図4に示す工程で絶縁膜9をマスクとし

て行われるエッチングの際にp型GaInPエッチングストップ層15を用いるとともに、図7および図8に示す工程で絶縁膜9をマスクとして行われるエッチングの際にn型GaInPエッチングストップ層14およびp型GaInPエッチングストップ層15を用いる。その他のことは第1の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0028】この第2の実施形態によれば、第1の実施形態と同様な利点を得ることができるほか、絶縁膜9をマスクとして行われるエッチングの制御性が高くなることから製造がより容易になるという利点を有する。

【0029】次に、上述の第1または第2の実施形態により製造されるAlGaInP系半導体レーザを発光素子として用いた光ディスク再生装置について説明する。図17にこの光ディスク再生装置の構成を示す。

【0030】図17に示すように、この光ディスク再生装置は、発光素子として半導体レーザ101を備えている。この半導体レーザ101としては、上述の第1または第2の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザが用いられる。この光ディスク再生装置はまた、半導体レーザ101の射出光を光ディスクDに導くとともに、この光ディスクDによる反射光（信号光）を再生するための公知の光学系、すなわち、コリメートレンズ102、ビームスプリッタ103、1/4波長板104、対物レンズ105、検出レンズ106、信号光検出用受光素子107および信号光再生回路108を備えている。

【0031】この光ディスク再生装置においては、半導体レーザ101の射出光Lはコリメートレンズ102によって平行光にされ、さらにビームスプリッタ103を経て1/4波長板104により偏光の具合が調整された後、対物レンズ105により集光されて光ディスクDに入射される。そして、この光ディスクDで反射された信号光L'が対物レンズ105および1/4波長板104を経てビームスプリッタ103で反射された後、検出レンズ106を経て信号光検出用受光素子107に入射し、ここで電気信号に変換された後、信号光再生回路108において、光ディスクDに書き込まれた情報が再生される。

【0032】なお、ここでは、上述の第1または第2の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザを光ディスク再生装置の発光素子に適用した場合について説明したが、光ディスク記録再生装置や光ディスク記録装置の発光素子に適用することも可能であることは勿論、光通信装置などの光装置の発光素子や、高温で動作させる必要のある車載用機器などの発光素子に適用することも可能である。

【0033】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0034】例えば、上述の第1および第2の実施形態において挙げた数値、構造、プロセスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これらと異なる数値、構造、プロセスなどを用いてもよい。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、この発明による半導体レーザの製造方法によれば、素子の信頼性を低下させることなく、簡単なプロセスで、窓構造を有し、しかも実屈折率導波型の半導体レーザを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向の断面図である。

【図2】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向の断面図である。

【図3】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための平面図である。

【図4】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向の断面図である。

【図5】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向に垂直な断面図である。

【図6】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための平面図である。

【図7】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向の断面図である。

【図8】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向に垂直な断面図である。

【図9】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向の断面図である。

【図10】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向に垂直な断面図である。

【図11】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向の断面図である。

【図12】この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向に垂直な断面図である。

【図13】この発明の第1の実施形態により製造されたAlGaInP系半導体レーザを示す斜視図である。

【図14】図13に示すAlGaInP系半導体レーザ

のXIV-XIV線に沿っての断面図である。

【図15】図13に示すAlGaInP系半導体レーザのXV-XV線に沿っての断面図である。

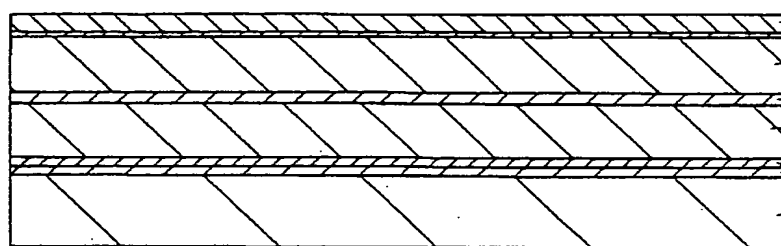
【図16】この発明の第2の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための共振器長方向の断面図である。

【図17】この発明の第1または第2の実施形態により製造されたAlGaInP系半導体レーザを発光素子として用いた光ディスク再生装置を示す略線図である。

【符号の説明】

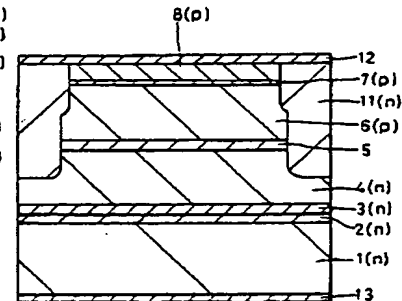
1・・・n型GaAs基板、4・・・n型AlGaInPクラッド層、5・・・活性層、6・・・p型AlGaInPクラッド層、7・・・p型GaInP中間層、8・・・p型GaAsキャップ層、9・・・絶縁膜、10・・・溝、11・・・n型AlGaAs層、12・・・p側電極、13・・・n側電極、14・・・n型GaInPエッチングストップ層、15・・・p型AlGaInPエッチングストップ層

【図1】

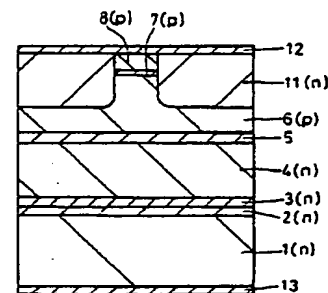


1:n型GaAs基板
2:n型GaAsバッファ層
3:n型GaInPバッファ層
4:n型AlGaInPクラッド層
5:活性層
6:p型AlGaInPクラッド層
7:p型GaInP中間層
8:p型GaAsキャップ層

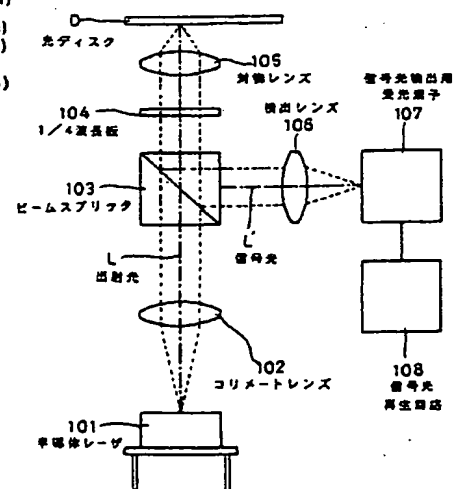
【図14】



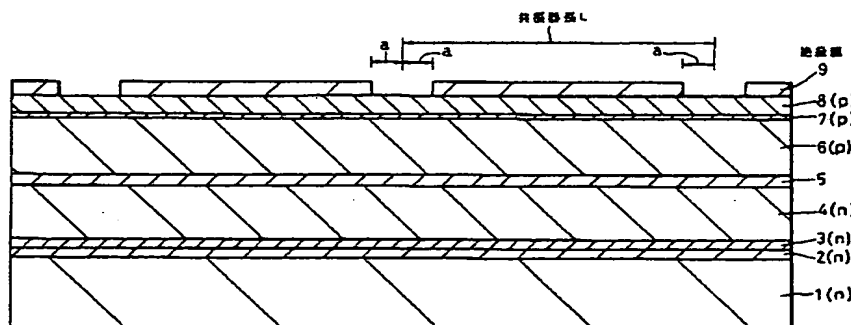
【図15】



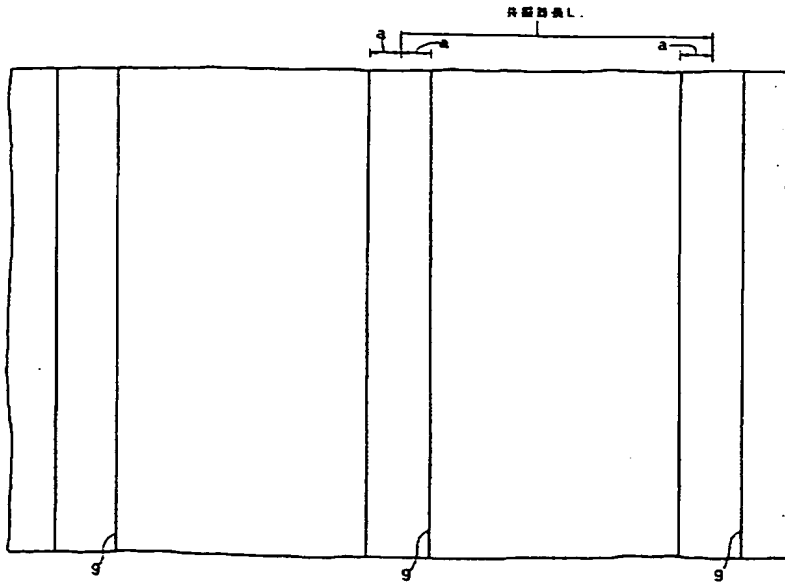
【図17】



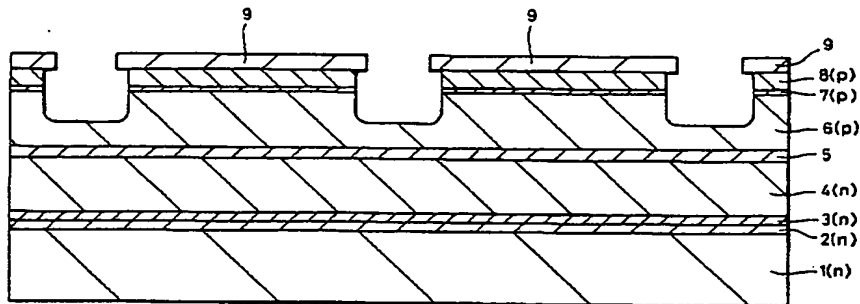
【図2】



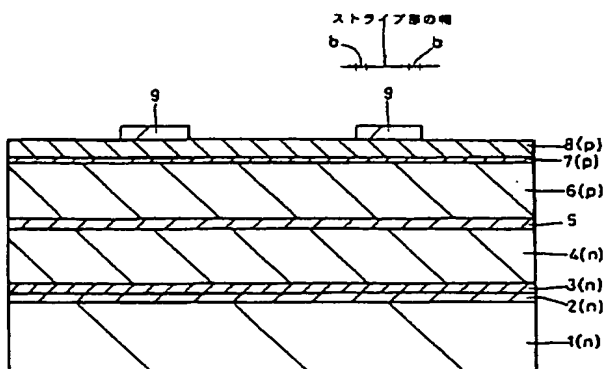
【図 3】



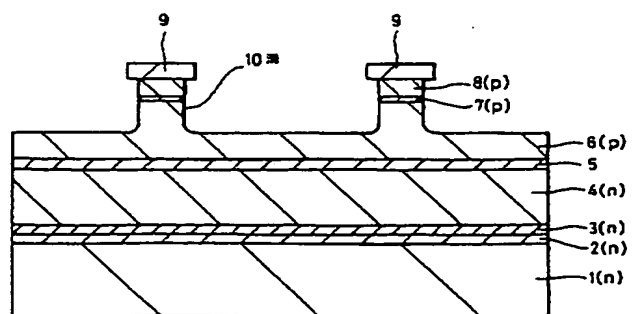
【図 4】



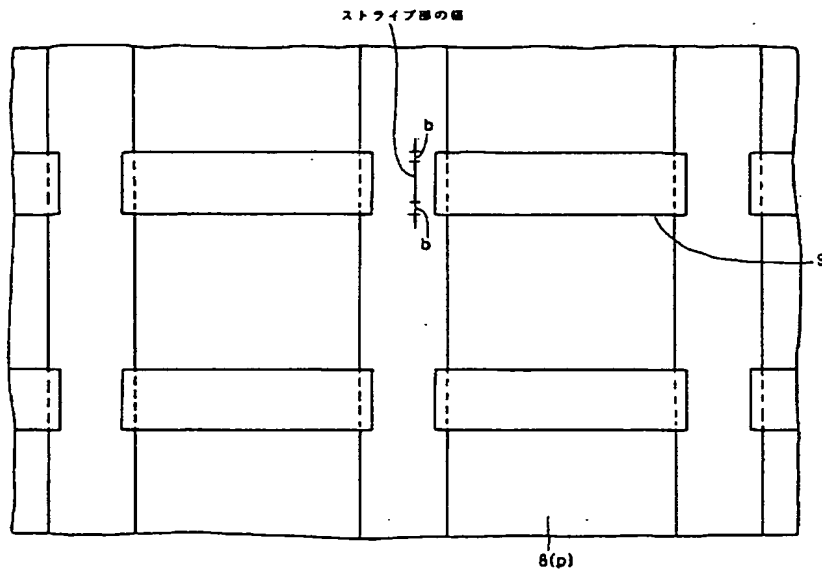
【図 5】



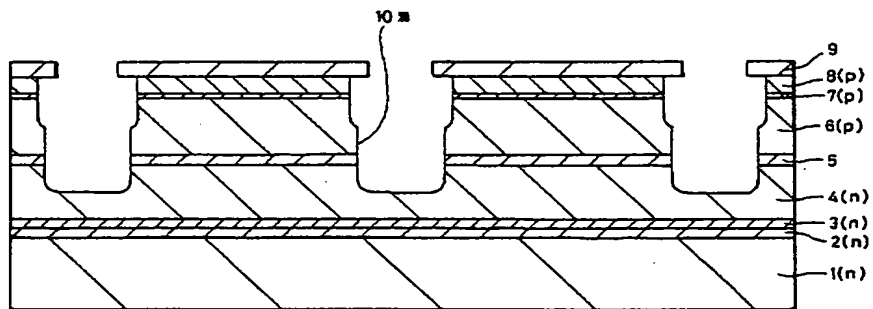
【図 8】



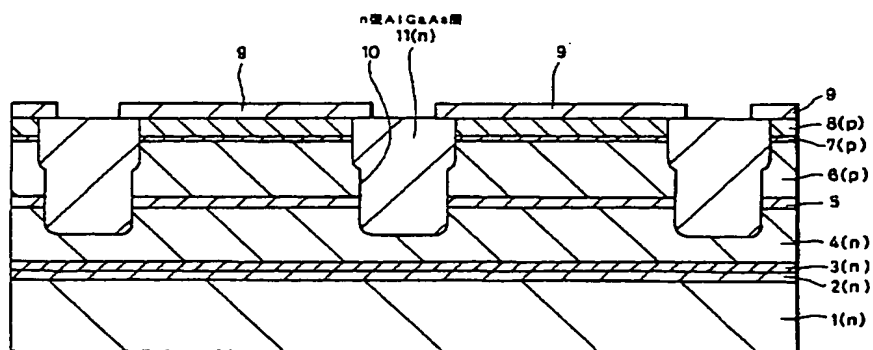
【図 6】



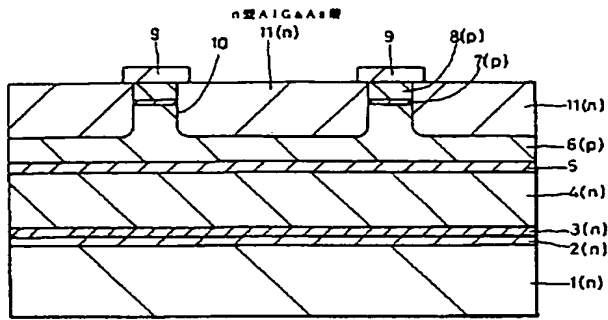
【図 7】



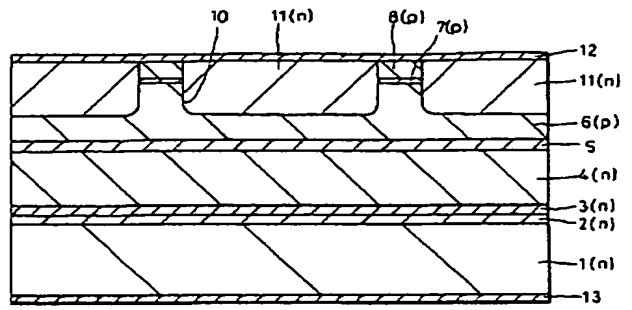
【図 9】



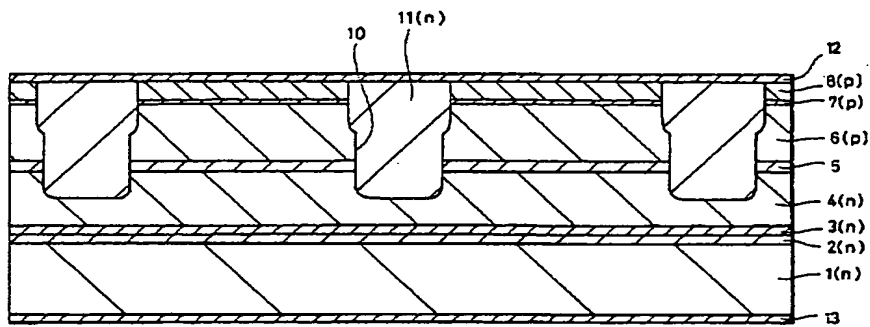
【図 10】



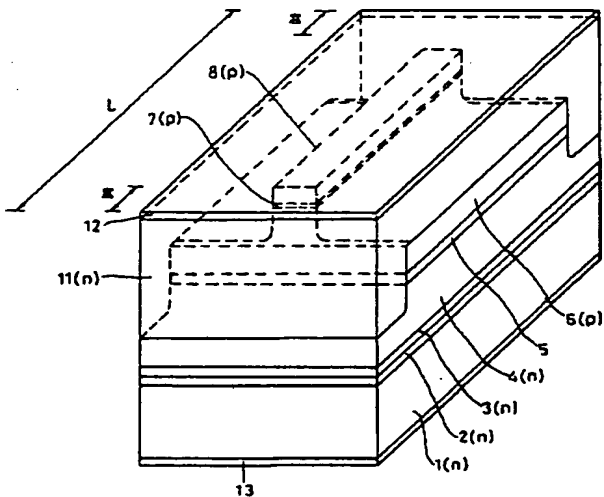
【図 12】



【図 11】



【図 13】



【図 1 6】

